

"MAY FLOWER" EM ANTIBES - FRANÇA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2012

Localização: Antibes, Côte d'Azur, França

Tipo: Contenção CSM escorada

Altura máxima: 11 m – Perímetro: 70 m – Área: 317 m²

Terreno: Aterro, argilas arenosas e grés

Dono de Obra: SARL Foch ; Projetista: Geo-Rumo, S.A. ; Empreiteiro: Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

Construção de quatro pisos subterrâneos de um edifício de habitação. O edifício é ainda constituído por rés-do-chão, sete pisos elevados. A estrutura de contenção foi concebida para permitir as escavações necessárias à execução dos pisos subterrâneos do novo edifício.

Procurou-se conceber uma solução de contenção que privilegiasse a minimização de interferências e perturbações na área envolvente da obra, garantindo o seu funcionamento em condições de segurança durante e após a execução dos trabalhos, e que permitisse limitar a afluência de água ao recinto de escavação.

O principal desafio encontrado neste projeto consistiu na execução da escavação com uma profundidade média de 11 m numa zona densamente edificada, na presença de terrenos com características mecânicas muito variáveis, apresentando na generalidade reduzidos valores de resistência e deformabilidade elevada até profundidades abaixo da base de escavação, e na presença de nível freático próximo da superfície.

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

A caracterização dos terrenos existentes no local da obra foi realizada com base em dois estudos geotécnicos, realizados em diferentes fases. Antes da demolição do edifício existente, foi realizado um estudo que envolveu a execução de um furo a destrutivo com a realização de ensaios pressiométricos (PMT – *Pressiometer Ménard Test*) e um furo com amostragem contínua (carotagem) onde se instalou um piezómetro para a medição do nível freático. Numa segunda fase foi realizado um estudo geotécnico complementar que incluiu uma furação a destrutivo com a realização de ensaios PMT e uma outra perfuração com amostragem contínua com recolha de amostras intactas para a realização de ensaios laboratoriais. Os ensaios laboratoriais tiveram como objetivo identificar o tipo de solo e as suas características mecânicas, destacando-se a realização de ensaios triaxiais. Neste último furo foram também realizados ensaios de permeabilidade a várias profundidades.

Os resultados recolhidos nas duas campanhas de prospeção colocaram em evidência a presença de três camadas distintas: aterros heterogêneos e solos de cobertura detetados desde a superfície até uma profundidade de cerca de 2 m, depósitos aluvionares predominantemente finos com passagens de areia e cascalho até profundidades da ordem de 12 m, depósitos aluvionares com camadas alternadas entre areia cascalhenta e areia siltosa. Relativamente ao nível freático, a sua ocorrência foi detetada a sensivelmente 2,2 m de profundidade.

4 - Condicionamentos de vizinhança

O recinto de escavação localiza-se numa zona urbana, com edifícios de grande altura, o que determinou que uma das principais preocupações durante a conceção da solução e a execução dos trabalhos fosse a garantia do funcionamento, em condições de segurança, dos edifícios e arruamentos localizados na proximidade da obra.

5 - Descrição da solução adotada

Tendo por base os condicionalismos existentes, optou-se por uma solução de contenção periférica constituída por uma cortina contínua de painéis CSM, travada provisoriamente por quatro níveis de escoramento metálico, sendo os três níveis inferiores pré-esforçados. A estrutura de contenção foi executada sequencialmente por painéis de solo-cimento primários e secundários, com secção transversal retangular de dimensões 2,40 m x 0,55 m e com sobreposição mínima de 0,20 m de forma a garantir

uma ligação eficaz ao longo de toda a altura de escavação. A limitação da afluência de água ao interior da escavação foi uma das preocupações durante a conceção do projeto, tendo para tal sido definido um comprimento mínimo de encastramento de 6 m a partir do fundo de escavação, resultando em painéis com um comprimento médio de 17 m. Para acomodar a totalidade dos impulsos, cada painel de CSM foi armado verticalmente com dois perfis metálicos IPE 450. A partir da base de escavação foi construído todo o edifício em betão armado, dimensionado para resistir a todos os esforços em fase definitiva.

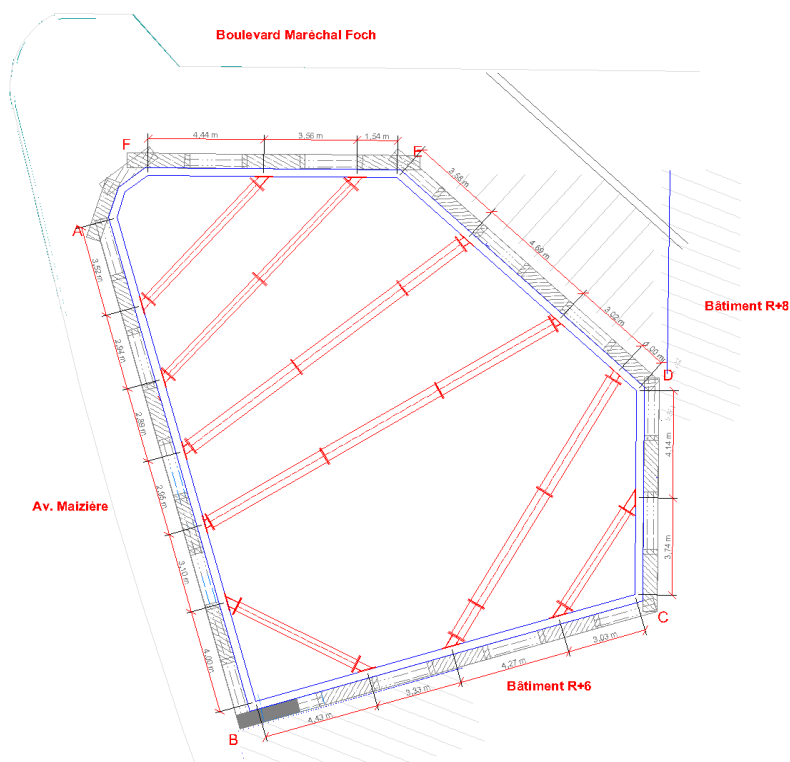


Figura 1 – Planta da estrutura da contenção e escoramento horizontal

6 - Principais aspetos do projeto

A análise da estrutura de contenção foi realizada recorrendo a um modelo numérico de elementos finitos e a análise realizada englobou o estudo das secções representativas de todos os alçados da estrutura de contenção. Os terrenos foram modelados com comportamento *Hardening Soil*. Na figura seguinte pode observar-se, a título exemplificativo, o modelo de análise de uma das secções estudadas: Secção 5 (secção representativa do alçado sudeste, edifício R+8).

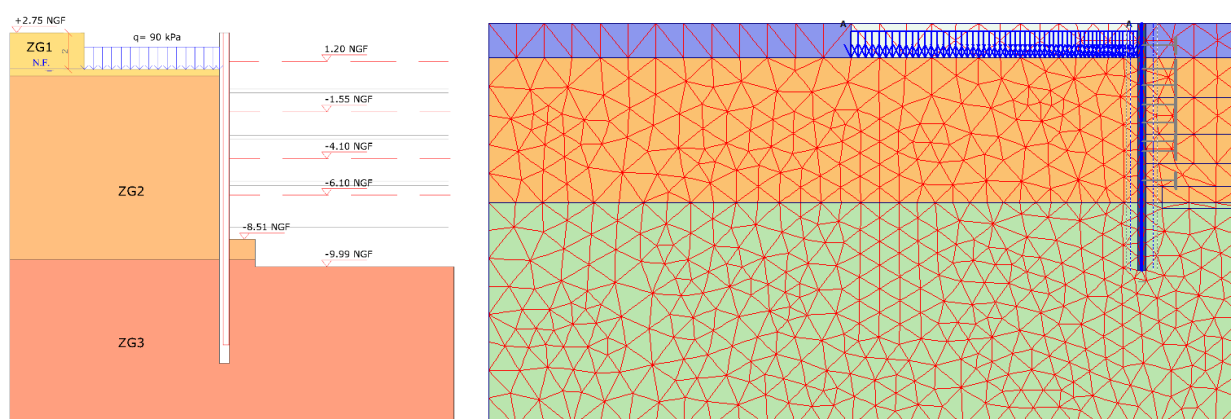


Figura 2 – Secção 5: Corte-tipo (à esquerda) e modelo de análise

Para simular o processo construtivo da estrutura de contenção e escavação foram consideradas as fases de cálculo correspondentes às várias fases de escavação e de colocação do escoramento.

Dadas as características da zona de intervenção e respetiva envolvente, foram definidos os limites de deslocamento horizontal aceitáveis de 5 mm no topo da cortina e 40 mm ao longo da altura da cortina. Na modelação numérica de todas as secções estudadas foram previstos valores inferiores a estes.

O comprimento dos painéis de CSM foi definido a partir da verificação de segurança da rutura por levantamento hidráulico, através da metodologia proposta por Mandel e adaptada por Cassan (Cassan, 1994), sendo depois verificada a segurança da rutura hidráulica por erosão interna ("piping").

7 - Principais aspetos da obra

O processo de execução da estrutura de contenção iniciou-se com a realização, a partir da superfície, dos painéis de solo-cimento armados, antes de qualquer trabalho de escavação. Os perfis verticais foram inseridos imediatamente após a execução de cada painel de CSM, antes do seu endurecimento, e posicionados junto à face interior dos painéis para facilitar a posterior solidarização das vigas de distribuição metálicas para apoio do escoramento interior.

Após a construção da viga de coroamento, procedeu-se à escavação até cerca de 0,50 m abaixo da cota do primeiro nível de escoramento, seguindo-se a execução da viga de distribuição metálica e a instalação do escoramento metálico. A escavação para execução dos seguintes níveis de escoramento foi realizada de forma análoga à descrita para o primeiro nível.

A partir do segundo nível de escoramento foi aplicado pré-esforço nas escoras. O pré-esforço foi aplicado com dois macacos hidráulicos apoiados entre a escora tubular e a mesa que permite a constituição do ângulo da escora relativamente à contenção. De forma a uniformizar a aplicação do pré-esforço, foi utilizada uma única bomba hidráulica ligada aos dois macacos através de um "T", como apresentado na Figura 4.

Na Figura 3 é apresentada a sequência de aplicação do pré-esforço numa das escoras.

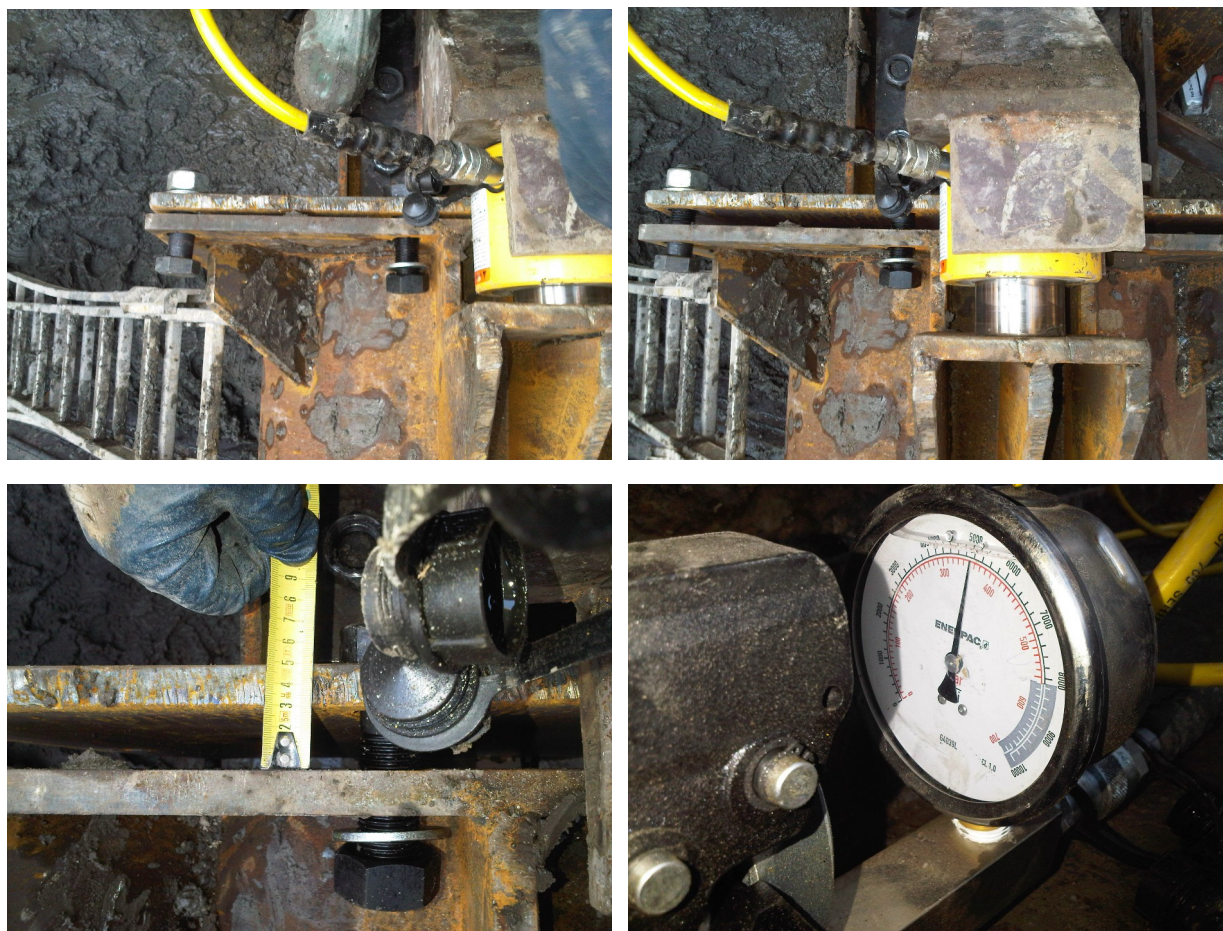


Figura 3 – Aplicação do pré-esforço: a) Posição inicial; b) Posição final; c) Medição da deformação; d) Verificação da pressão na bomba hidráulica



Figura 4 – Fotografia do sistema de aplicação de pré-esforço

Após ser atingida a profundidade máxima de escavação, foi executada a laje de fundo e a subida de toda a estrutura do edifício em betão armado, acompanhada do processo de desativação do escoramento à medida que foram sendo executados sucessivos travamentos materializados pelas lajes da estrutura interior do edifício.

A variabilidade dos parâmetros de resistência e de deformabilidade do solo-cimento resultante da aplicação da tecnologia de CSM está diretamente relacionada com o grau de homogeneidade da mistura e é influenciada por diversos fatores como por exemplo, o tipo de solo envolvido, a presença de água, o modo como se processa a distribuição do ligante na massa de solo desagregado, a presença de ar como um componente e as reações químicas que se verificam durante o processo de mistura, entre outras. Por estas razões, é necessário ter cuidados especiais e efetuar um controlo eficaz, tanto durante a execução como posteriormente na avaliação da qualidade da mistura de acordo com as exigências de projeto. Além do controlo efetuado pelo manobrador do equipamento durante a execução dos painéis de CSM, o controlo é realizado também através de ensaios laboratoriais complementados com eventuais ensaios de campo, e em painéis de teste executados para o efeito, que permitem calibrar os parâmetros de execução.

O controlo durante a escavação foi efetuado através do Plano de Observação e Instrumentação implementado, que incluiu a colocação de alvos topográficos na estrutura de contenção, inclinómetros no tardo da estrutura de contenção e extensómetros instalados nas escoras metálicas. As leituras verificadas nos inclinómetros mostraram deformações superiores às previstas nas modelações numéricas, sendo que apenas em um dos inclinómetros, correspondente à confrontação do arruamento a noroeste, as deformações ultrapassaram os valores de alerta. Esta situação levou a que fosse aumentada a frequência das leituras de todos os instrumentos de monitorização. Apesar da deformação da cortina acima do esperado, os alvos colocados nos edifícios vizinhos não apresentaram deslocamentos.

As deformações máximas em cada fase de execução dos trabalhos verificaram-se abaixo da base de escavação, sendo por isso de difícil correção. No entanto foi sempre conseguido uma ligeira recuperação das deformações com a aplicação do pré-esforço no escoramento.

REFERÊNCIAS

- Cassan, M. (1994). *Aide-mémoire d'hydraulique souterraine*, 2^e ed., Presses des ponts, Paris, France.
- Fiorotto, R., Schöpf, M. and Stötzer, E. (2005). Cutter Soil Mixing (CSM) An innovation in Soil mixing for creating Cut-off and Retaining walls. *16 ICSMGE: International Conference on soil mechanics and geotechnical engineering*, Osaka-Japan.
- Gerressen, F. W., Schopf, M. and Stotzer, E. (2009). CSM – Cutter Soil Mixing – Worldwide experiences of a young soil mixing method. *International Symposium on Deep Mixing & Admixture Stabilization*, Okinawa, Japan.
- Larsson, S., 2005. State of Practice Report – Execution, Monitoring, and Quality Control. *International Conference on Deep Mixing. Best Practice and Recent Advances*. Deep Mixing '05, Stockholm, Sweden.